

5. Fedoruk A.T. The taxonomic composition and features of the cultural dendroflora of Belarus // Proceedings of NAS of Belarus. Series of biological Sciences. 2000. No. 1. Pp. 14–17.
6. Gardens by the Bay // Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Gardens_by_the_Bay.
7. Japan Osaka: Namba Parks (Namba Parks) – a green oasis in the jungle of the metropolis. URL: turj.ru/blog/history/2200.html.
8. Design and implementation of a model for research projects management in the school scientific and educational environment / Y.A. Krotov, N.Yu. Kiseleva, N.N. Demidova, S.V. Aref'eva, A.V. Matveev, V. Shamanaev. India. 2017. No. 97(15). Pp. 393–404.
9. Kiseleva N.Yu., Nekipelov A. The Emergence and development of ecological camps is a result of transformation of the Russian system of environmental education / European Social Science Journal (“European journal of social Sciences”). 2017. No. 7. Pp. 281–289.
10. Analysis of the problems of forest management in Russia / E.A. Krotov, P.A. Smolin, V.P. Vashina // Modern technology in the world scientific space. 2017. No. 4. Pp. 205–207.
11. Кротова Е.А., Матвеева А.В. Реализация возможностей электронной информационной научно-образовательной среды в экологическом образовании // Карельский научный журнал. 2017. № 2 (19). С. 26–29.
12. Новые перспективы исследования Technolofy в контексте изучения слабоструктурированных реальных и образовательные проблемы / Н.Н. Демидова, Е.А. Кротова, Н.Ю. Киселева, С.В. Арефьева, А.В. Матвеева // Индийский вестник Наука и технология. 2016. Т. 9. Вып. 44. С. 1–7.
13. Kamerilova G.S. Informational approach as a leading vector of modernization of the system of environmental education / Ecology and safety in techno sphere: modern problems and solutions. 2016. Pp. 323–326.

**ПРОГРЕССИВНОЕ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЕ
ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТ**

**PROGRESSIVE WOODWORKING
EQUIPMENT AND TOOL**

УДК 519.242:621.95:674.815

А.Ф. Аникеевко, Т.А. Машорипова

(A.F. Anikeenko, T.A. Mashoripova)

(БГТУ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: dosy@bstu.unibel.by

**ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА
ПО ВЫЯВЛЕНИЮ ЗНАЧИМЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ,
ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОЦЕСС СВЕРЛЕНИЯ ЛАМИНИРОВАННЫХ ДСП**

**PLANNING OF THE EXPERIMENT TO DETECT SIGNIFICANT
TECHNOLOGICAL FACTORS AFFECTING IN DRILLING
OF LAMINATED CHIPBOARDS**

В статье представлены результаты планирования эксперимента по выявлению значимых технологических факторов, влияющих на качественные и силовые показатели процесса сверления ламинированных древесно-стружечных плит (Л-ДСП).

Были выявлены три группы факторов, влияющих на обработку ламинированных древесно-стружечных плит процессом сверления. Составлена методическая сетка опытов, а также выбраны постоянные и переменные факторы для проведения экспериментального исследования. Экспериментальное исследование позволит выделить факторы, реально влияющие на качество, и выбрать из них оптимальные для данного процесса.

The article presents the results of planning an experiment to identify significant technological factors affecting the quality and power performance of the process of drilling laminated particle Board.

Three groups of factors influencing the processing of laminated particle Board by the drilling process were identified. Made methodical grid of the experiments and the fixed and variable factors to conduct experimental research. The experimental study will allow to identify the factors that really affect the quality, and to choose the best for this process.

Методика эксперимента – это совокупность приемов, позволяющих разумно поставить эксперимент, сообразуясь с целью исследования, со стремлением получить максимальную информацию при ограниченном числе опытов, а также правильно обработать и интерпретировать результаты эксперимента [1].

Сверление – это процесс резания вращающимся инструментом с лезвиями, расположенными на торце, с осевой подачей. При этом образуются цилиндрические отверстия и стружка постоянной толщины, ограниченная винтовыми поверхностями.

Все возникающие при сверлении усилия могут быть разложены по направлению оси сверла и направлению, касательному к окружности резания (вращения). Первые составляющие создадут осевое усилие $F_{ос}$, а вторые – крутящий момент $M_{кр}$. Этими двумя величинами принято характеризовать силовые показатели процесса сверления [2].

Качество сверления характеризуется величиной неровностей на стенках отверстия, величиной сколов и вырывов на поверхностях входа и выхода сверла и степенью подгорания стенок отверстия.

Наиболее сложно выбрать технологические режимы для обработки хрупкого и очень твердого ламината с двух сторон рассматриваемого материала.

На процесс резания древесины и древесных материалов оказывает влияние много факторов, среди которых можно выделить три основные группы:

- 1) факторы, относящиеся к исследуемому материалу (физико-механические свойства Л-ДСП);
- 2) факторы, относящиеся к режущему инструменту (геометрические параметры сверла, углы резания, марка стали и пр.);
- 3) режимы резания или обработки (скорость главного движения, скорость подачи).

Обработка древесины и древесных материалов методом сверления остается значимым технологическим процессом в столярно-строительном и мебельном производствах.

Существуют различные методики проведения экспериментов по изучению свойств дереворежущего инструмента. Но большинство из них охватывает не более одного исследуемого варьируемого параметра, влияющего на интересующий нас показатель – качество обработанной поверхности.

В соответствии с изложенной классификацией выделены факторы, оказывающие наибольшее влияние на процесс резания древесно-стружечных плит (ДСП) (табл. 1).

Таблица 1

Основные факторы, оказывающие наибольшее влияние на процесс резания древесины на фрезерных станках

Наименование групп и факторов	Обозначение	Единицы измерения
<i>Факторы, относящиеся к исследуемому материалу</i>		
Материал	Л-ДСП	—
<i>Факторы, относящиеся к режущему инструменту</i>		
Материал сверла	РД18	—
Начальный радиус округления режущей кромки	ρ	мкм
Диаметр сверла	D	мм
Количество ножей	z	шт
<i>Факторы, относящиеся к взаимодействию ножа и материала</i>		
Задний угол	α	град
Угол резания	δ	град
Частота вращения шпинделя	n	мин ⁻¹
Подача на резец	S_z	мм
Глубина сверления	h	мм
Скорость подачи	V_s	м/мин
Шероховатость обработанной поверхности	R_z	мкм
Характер процесса	Закрытый	—

Все факторы, оказывающие существенное влияние на процесс обработки древесины адаптивным инструментом, предлагается разделить на две группы: постоянные и переменные.

Как видно из таблицы 1, переменные факторы, относящиеся к обрабатываемому материалу, по своим разнообразным сочетаниям требуют значительных затрат. Например, при изготовлении древесно-стружечных плит возможен процент связующего от 4 до 12 %. Изучение влияния такого фактора требует создания специальной лабораторной установки на изготовление образцов древесно-стружечных плит, что практически не осуществимо вследствие сложности выполнения технологических требований получения данного древесного материала.

Учитывая всю сложность в получении заготовок необходимых номиналов, исследования проведены на плитах промышленного изготовления. В качестве объекта обработки принята ламинированная древесно-стружечная плита толщиной 16 мм.

Материал сверла выбран из быстрорежущей стали РД18. Угол резания = 45°, задний угол = 25°.

В качестве постоянного фактора принята острота режущей кромки, несмотря на то, что этот показатель оказывает влияние на рост силы резания по задней поверхности режущего элемента и образование дефектов обработки. В данном случае, учитывая значительные отличия в характере затуплений, использован прием регистрации выходных показателей процесса резания в момент образования дефектов на обработанной поверхности.

При сверлении древесных материалов наиболее распространенной формой режущей части сверла является заточка с подрезателями и направляющим центром. При такой заточке сверло имеет пять режущих элементов: две главные режущие кромки, два подрезателя и направляющий центр. Гораздо реже применяют коническую заточку, когда сверло имеет две режущие кромки, наклоненные под углом φ к оси вращения [2].

Наибольшее влияние на усилие резания оказывают угловые параметры главной режущей кромки – угол резания δ и задний угол α . Направляющий центр, назначение которого повысить точность сверления, и подрезатели, улучшающие качество сверления, характеризуются в основном высотой над главной режущей кромкой. Изменение углов резания главной режущей кромки оказывает влияние только на силовые показатели процесса сверления, так как качество сверления зависит только от боковых режущих элементов сверла.

Задний угол

Если увеличивать значение заднего угла, оставляя постоянным угол резания, то $M_{кр}$ и $F_{ос}$ уменьшаются, причем осевое усилие меньше чем крутящий момент (рис. 1, а). Увеличение заднего угла до 25° при $\delta = 45^\circ$ дает угол заточки всего в 20° , при этом в связи с уменьшением прочности резца происходит некоторое вибрирование последнего, что вызывает повышение $M_{кр}$ и $F_{ос}$. Наименьшие абсолютные значения и темпы роста усилий резания наблюдаются при значениях угла $\alpha = 18-25^\circ$.

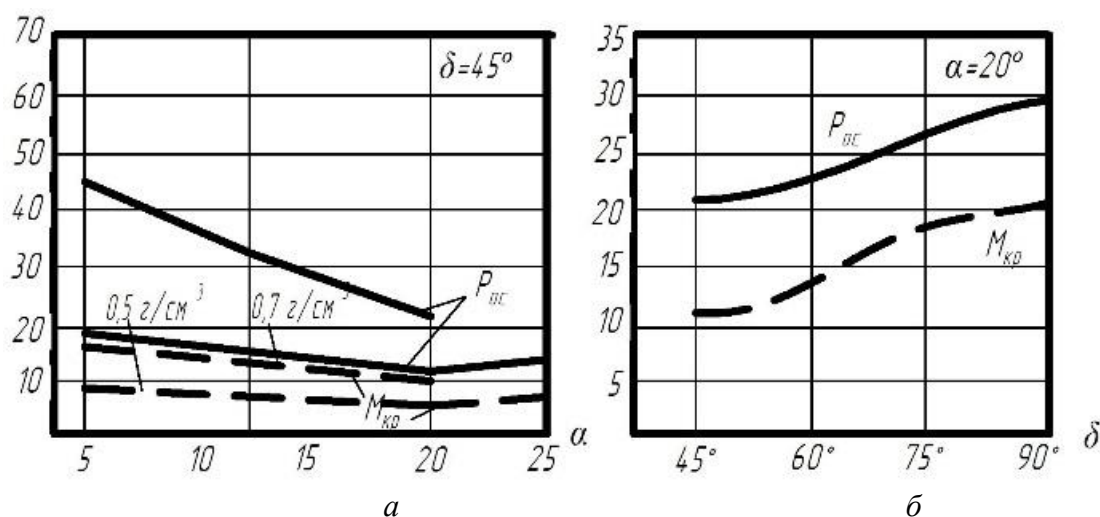


Рис. 1. Зависимость осевого усилия и крутящего момента от угловых параметров сверла – от: а – заднего угла; б – угла резания

Угол резания

С увеличением угла резания крутящий момент и осевое усилие растут во всех случаях (рис. 1, б), причем $M_{кр}$ растет в большей степени чем $F_{ос}$. Наименьшие абсолютные значения и темпы роста усилий резания наблюдаются при значениях углов $\delta = 45-60^\circ$.

Влияние режимных факторов и размеров обработки. Число оборотов сверла

При увеличении числа оборотов (от 1 500 до мин^{-1}) происходит незначительное падение $M_{кр}$ и $F_{ос}$ при постоянной подаче на резец. Поскольку толщина стружки остается постоянной, то и силы резания мало отличаются друг от друга. При данных значениях чисел оборотов и средних диаметров (10–15 мм) получается скорость резания 0,8–3 м/с. Увеличение скорости резания в этом диапазоне не изменяет существенно процесс перерезания древесных частиц.

Число оборотов сверла влияет на температурный режим сверления, т. е. при большом числе оборотов возможен перегрев и даже прижигание стенок отверстия. Это нежелательно, так как снижает износостойкость инструмента и ухудшает качество

сверления. Специальные исследования показали, что с этой точки зрения наилучшим числом оборотов является $2\,880\text{ мин}^{-1}$.

Подача на резец

С увеличением подачи на резец (от 0,125 до 0,75 мм) увеличивается толщина стружки, а следовательно, и сопротивление резанию, что вызывает рост $M_{кр}$ и $F_{ос}$. Рост $M_{кр}$ происходит по линейной зависимости. Рост осевого усилия неравномерен.

Диаметр сверла

С увеличением диаметра сверла в диапазоне от 7,5 до 20 мм происходит рост крутящего момента и осевого усилия по зависимости, близкой к кривой второго порядка. Характер зависимости $M_{кр}$ и $F_{ос}$ от диаметра не меняется при сверлении плит с различными объемными весами и содержанием связующего при работе с разными подачами на резец.

Форма заточки режущей части сверла

При сверлении как в кромку, так и в плась плиты сверло с конической заточкой дает бо́льшие усилия резания чем сверло с подрезателями и направляющим центром. В последнем случае главная режущая кромка перпендикулярна продольной оси сверла, и угол $\varphi = 90^\circ$; а при конической заточке угол $\varphi = 60, 45^\circ$ и т. д. Уменьшение угла φ приводит к уменьшению заднего угла в плоскости, нормальной к режущей кромке, вызывая рост усилий сверления. При сверлении в плась рост сил происходит и от увеличения угла встречи с волокнами древесных частиц [2].

На основании вышеизложенного в исследованиях приняты области изменения переменных факторов (табл. 2).

Таблица 2

Области изменения переменных факторов

Факторы	Область изменения
Диаметр сверла	7, 8, 10 мм
Частота вращения шпинделя	2 000–7 000 мин^{-1}
Подача на резец	0,25–0,75 мм
Скорость подачи	1–7 м/мин

Для проведения опытов на многооперационной машине с числовым программным управлением Rover B 4.35 была написана специальная программа, которая включала в себя высверливание по два отверстия на каждый режим.

Пример части программы для сверла диаметром 7 мм, скорости подачи 1 м/мин и частотой вращения $4\,000\text{ мин}^{-1}$:

```

«N20 PAN=1 ST1=«SV7» ST2=«NULL» ST3=«NULL» L=PCUA; ОПЫТ 1
N30 X40 Y200 Z=PRK TP=1 PRF=28 F=1 VF=1 S=4000 AX=X,Y,Z G40
PFLO=0 PUL=1 L=PON TRZ=0
N39 Z-30 G1
N39 L=PSU
N40 X50 Y210 Z=PRK TP=1 PRF=28 F=1 VF=1 S=4000 AX=X,Y,Z G40
PFLO=0 PUL=1 L=PON TRZ=0
N49 Z-30 G1
N49 L=PSU
    
```

```

N50 X40 Y230 Z=PRK TP=1 PRF=28 F=1 VF=1 S=4500 AX=X,Y,Z G40
PFLO=0 PUL=1 L=PON TRZ=0
N59 Z-30 G1
N59 L=PSU
N60 X50 Y240 Z=PRK TP=1 PRF=28 F=1 VF=1 S=4500 AX=X,Y,Z G40
PFLO=0 PUL=1 L=PON TRZ=0
N69 Z-30 G1
N69 L=PSU
N70 X40 Y260 Z=PRK TP=1 PRF=28 F=1 VF=1 S=5000 AX=X,Y,Z G40
PFLO=0 PUL=1 L=PON TRZ=0
N79 Z-30 G1
N80 X50 Y270 Z=PRK TP=1 PRF=28 F=1 VF=1 S=5000 AX=X,Y,Z G40
PFLO=0 PUL=1 L=PON TRZ=0»
    
```

После проведения испытательных запусков по проверке правильности программы в рабочую зону машины устанавливается испытуемая заготовка и начинается обработка (рис. 2).

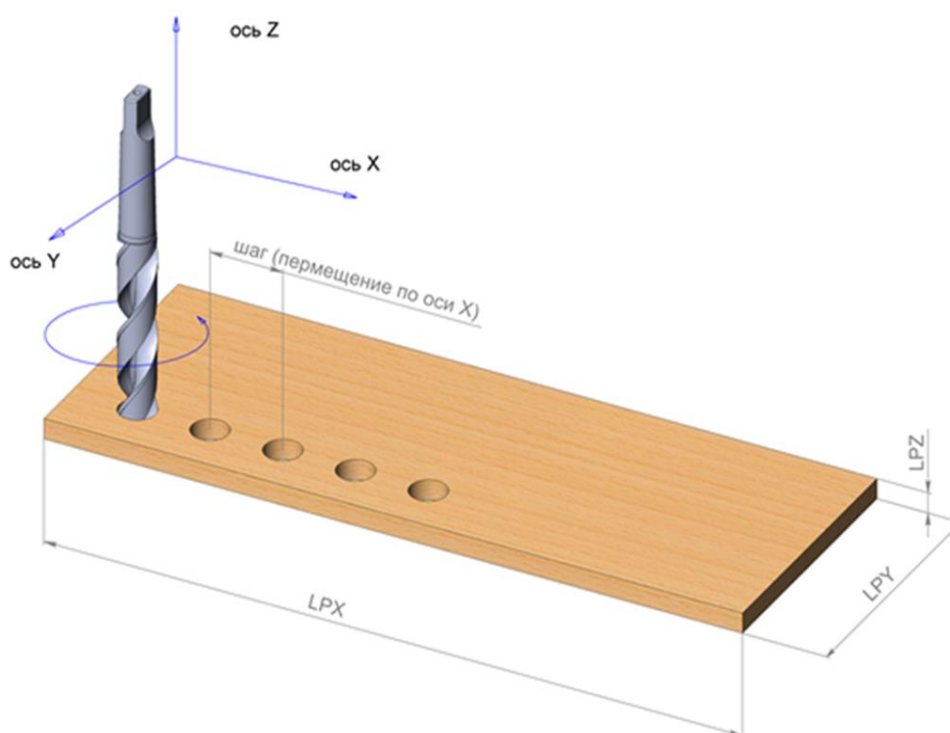


Рис. 2. Схема обработки испытуемой заготовки

На рисунке 2 показано прямолинейное движение адаптивного инструмента, которое позволяет регулировать пятикоординатный шпиндельный узел обрабатывающего центра.

В программе реализована возможность настраивать значения требуемых переменных факторов, за исключением толщины стружки, которая изменялась косвенно через значение скорости подачи V_s .

Для фиксирования и дальнейшей обработки информации о качестве обрабатываемой поверхности была разработана экспериментальная сетка опытов (табл. 3, куда нужно вписывать данные).

Экспериментальная сетка опытов

Диаметр сверла, мм	Частоты вращения, мин ⁻¹	
	2 000–7 000	
	Вх.	Вых.
Скорость подачи $V_s = 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7$ м/мин. Подача на резец = 0,25–0,75 мм		
7; 8; 10		

Выводы

Разработанная методика проведения экспериментальных исследований позволила обосновать геометрические параметры адаптивного инструмента и уровни варьирования переменных факторов, обосновать оригинальную экспериментальную базу и технические средства, позволяющие регистрировать мощность резания при обработке древесно-стружечных плит.

Разработанные методики позволяют наиболее достоверно получить данные об исследуемых факторах, оценить их, проанализировать результаты и обосновать практические рекомендации по их внедрению в производство.

Библиографический список

1. Горский В.Г., Адлер Ю.П., Талалай А.М. Планирование промышленных экспериментов. М.: Металлургия, 1974. 264 с.
2. Цуканов Ю.А., Амалицкий В.В. Обработка резанием древесно-стружечных плит. М.: Лесная промышленность, 1966. 94 с.

УДК 676.024.61

С.Н. Вихарев

(S.N. Vikharev)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с автором: cbp200558@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ МЕЖНОЖЕВОГО ЗАЗОРА РАЗМАЛЫВАЮЩИХ МАШИН

RESEARCH OF STABILITY GAP OF GRINDING MACHINES

Статья посвящена исследованию стабильности межножевого зазора размалывающих машин. На стабильность этого зазора влияют перекося статора и торцевое биение ротора. Проведено исследование торцевого биения ротора конструкций отечественных и импортных мельниц, вызванное зазорами в конструкциях роторного узла. Показано, что полученные значения биений ротора сопоставимы с величинами межножевого зазора.

Article is dedicated to research of stability gap of grinding machines. Stability of this gap influence skew stator and face palpation of rotor. Research of face palpation of rotor of designs of the domestic and import mills, caused by backlashes in designs rotor unit is lead. It is shown, that the received values jumping rotor are comparable to sizes gap.